

УДК 624.012.45.04

В.С.ДОРОФЕЕВ, д-р техн. наук, Е.А.ЯРЕМЕНКО

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

## **ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАЦИИ ПОВРЕЖДЕННЫХ АРМОКАМЕННЫХ СТОЛБОВ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ СЖАТИИ**

Обосновывается возможность применения полных диаграмм для определения прочности и деформаций армокаменных столбов при внецентренном сжатии.

Механическое разрушение можно определить как любое изменение размера, формы или свойств материала конструкции или ее части, вследствие которого конструкция уже не может удовлетворительно выполнять свои функции [1]. На ремонт, восстановление и замену поврежденных сооружений в мире ежегодно расходуются огромные средства. На четвертой международной конференции по долговечности строительных материалов даже прозвучало: "... строительство в третьем тысячелетии – это восстановление и замена построенного в двух предыдущих" [2].

Повреждение строительных конструкций в процессе эксплуатации происходит под влиянием внешней среды. К параметрам внешней среды, влияющим на бетон или каменную кладку поверхностного слоя, относятся температурно-влажностные характеристики и химический состав внешней среды. Важны и условия контакта среды и конструкции, например наличие гидростатического напора, физическое состояние среды.

В различных разделах механики встречаются термины, которые иногда различно определяются и истолковываются. Термин "повреждение" авторы понимают следующим образом.

Повреждение в "малом" – любое изменение физико-механических свойств или состояния материалов, приводящее к уменьшению прочности и жесткости сечения. Изменение свойств, как правило, связано с негативным влиянием окружающей среды. Изменение состояния обусловлено характером действующих напряжений. Например, в зоне действия растягивающих напряжений появляются трещины; тем самым выключается из работы часть сечения.

Для статически неопределимых систем, при силовых и вынужденных воздействиях, возможно повреждение в "большом", приводящее к изменению расчетной схемы сооружения. Последнее обусловлено выходом со строя некоторых сечений или частей конструкции. Например, возникновение трех пластических шарниров превращает бес-

шарнирную арку в арку трехшарнирную, нагруженную дополнительно сосредоточенными моментами. Обрушение диагональной вальмы (ребра) сомкнутого свода на квадратном плане превращает пространственное сооружение в арку.

В справочнике проектировщика [3] отмечается единообразие деформирования бетона и каменной кладки при кратковременном и длительном действии нагрузки. Каменная кладка аналогично бетону хорошо сопротивляется сжимающим усилиям и незначительно - растягивающим усилиям. В этой связи применяют армирование каменных конструкций. Различают армокаменные и комплексные конструкции. К первым относят конструкции, в которых арматура располагается в швах кладки или бороздах в слое раствора. Ко вторым - каменные конструкции, усиленные железобетоном. Армокаменные и комплексные конструкции имеют много общего. Дать границу между ними затруднительно. Поэтому в дальнейшем будем называть те и другие армокаменными конструкциями.

Для описания диаграмм деформирования бетона предложено большое количество расчетных формул. Выделим среди них удобную для практического применения зависимость Столярова Я.В. [4], развитую в дальнейшем Карпенко Н.И. [5] для бетонов и арматуры различных классов. Эффективность ее применения для расчета несущей способности и деформативности железобетонных стержневых элементов при сложном напряженном состоянии подтверждена во многих публикациях [5, 6]. В работе [7] обоснована возможность применения этих зависимостей и для каменной кладки. Также предложена методика построения диаграмм, определяющих кратковременное и длительное деформирование бетона и каменной кладки при быстром или постепенном возрастании сжимающих напряжений, учитывающем режим возведения сооружения. Деформации бетона и кладки описаны едиными зависимостями с соответственной корректировкой параметров. Расчетные кривые построены при определенных напряжениях на плоскости деформация - время, либо в виде диаграмм - изохрон, на плоскости деформация - напряжение; для различных моментов времени они отвечают опытным кривым.

Ниже приведено описание опытных образцов и некоторых результатов экспериментальных исследований прочности и деформаций армокаменных столбов, выполненных Камейко В.А. [8]. Им было испытано 46 опытных образцов - армокаменных столбов с проектными размерами 145x51x51 см. Образцы были пяти типов, 17 групп и различались между собой расположением арматуры и коэффициентом ар-

мирования а также способом нагружения - осевое или внецентренное сжатие с различным эксцентриситетом.

Для изготовления столбов применялся силикатный кирпич с пределом прочности при сжатии – 11,8 МПа, при изгибе – 3,66 МПа. Раствор сложный, состава по объему 1:0,15:4 (портландцемент: известковое тесто: песок). Предел прочности раствора при сжатии 6,5 МПа. Предел прочности раствора или бетона, применявшихся для заполнения ниш, в которых располагалась арматура, составил 10÷15 МПа. Предел прочности кладки при сжатии  $R_0=7,4$  МПа, предельная деформация  $\epsilon_u=0,00265$ , начальный модуль упругости  $E_0=10730$  МПа.

Для армирования образцов, в основном, применялась круглая сталь диаметром 16 мм. Предел текучести стали  $R_s=232$  МПа; предел прочности при разрыве  $R_u=259$  МПа, удлинение 36,8%.

Расчет прочности и деформативности сечений описанных выше образцов выполнен по методике и компьютерной программе развитой и описанной в [5, 6]. Авторами они приспособлены и применены для расчета каменных и армокаменных сечений при внецентренном сжатии.

Сведения о несущей способности армокаменных столбов приведены в табл.1. В этой таблице разрушающие силы:  $N_0$  – опытные;  $N_T$  и  $N_p$  – расчетные, определенные соответственно по методикам Камейко В.А. и авторов.

Опытные и расчетные продольные деформации кладки и арматуры для образцов различных групп сопоставлены на рис.1, 2. Эти данные свидетельствуют о возможности и целесообразности применения полных диаграмм деформирования кладки к расчету прочности и деформаций каменных и армокаменных столбов.

Армирование растянутой зоны существенно увеличивает прочность сечения. Прочность армокаменных столбов, загруженных с эксцентриситетом  $e_0=20$  см ( $0,4h$ ) с увеличением процента армирования в интервале 0,09; 0,23; 0,47; и 0,7% увеличилась соответственно в 1,46; 1,75; 1,96 и 1,98 раза по сравнению с прочностью каменных столбов, загруженных с таким же эксцентриситетом.

С увеличением количества арматуры в растянутой зоне все большая часть сечения работает на нисходящей ветви диаграммы (см. табл.2). Увеличивается размер сжатой зоны, что эквивалентно уменьшению эксцентриситета  $e_0$ . В диапазоне  $\mu=0,47\div0,7\%$  увеличение прочности незначительно; насыщение арматурой растянутой зоны целесообразно пока напряжения в растянутой арматуре в момент разрушения достигают текучести.

Таблица 1 – Армокаменные столбы. Сравнение опытной и расчетной разрушающей силы

№ типа	№ груп пы	Размеры сечения, см	$e_0$ , см	Армирование		$\mu$ , %	Разрушающая сила, кН			Погрешность $\Delta$ , %	
				$A_s$	$A''_s$		опыт $N_0$	расчет		$N_0$ и $N_T$	$N_0$ и $N_P$
								$N_T$	$N_P$		
—	17	51x51	20.0	—	—	—	460	415	440	12.0	4.5
II	2	51x51	19.0	2Ø12	—	0.09	663	612	644	8.3	3.0
	3	51x51	19.2	3Ø16	—	0.23	855	724	771	18.1	10.9
	4	51x52.5	19.7	6Ø16	—	0.47	932	805	862	15.7	8.1
	5	51x52.5	42.2	6Ø16	—	0.47	420	420	399	0.0	-5.3
	6	51.5x58	41.2	9Ø16	—	0.70	558	635	552	-12.1	-0.1
III	7	51x52	20.0	3Ø16	—	0.23	785	724	771	8.4	1.8
	8	51x51.5	19.3	6Ø16	—	0.47	875	808	864	8.3	1.3
	9	51.5x52	33.5	9Ø16	—	0.70	740	731	746	1.2	0.1
IV	11	52x52	20.5	3Ø16	6Ø16	0.23	862	807	893	6.8	-3.5
	12	51x52.5	30.7	6Ø16	6Ø16	0.47	671	650	677	2.6	-1.5
	13	51x52	20.1	3Ø16	3Ø16	0.23	885	822	871	7.6	1.6
	14	51x52	19.3	6Ø16	6Ø16	0.47	1000	1025	1018	-2.4	-1.8
V	15	51x51.5	19.7	3Ø16	3Ø16	0.23	772	822	755	-6.1	2.2
	16	51x52.5	19.7	6Ø16	6Ø16	0.47	1058	1099	1121	-3.7	-5.6

Примечание: в таблице приведены данные о прочности средние по двум или трем образцам.  $\Delta=100(N_0 - N_T)/N_T$ .

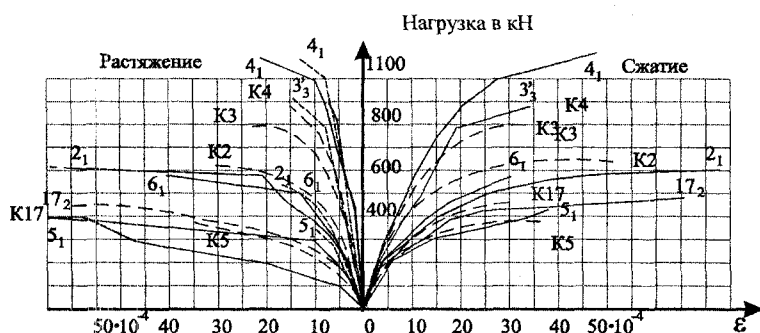


Рис.1 – Продольные деформации кладки — и арматуры (---) (образцы 2<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>; 4<sub>1</sub>; 5<sub>1</sub>; 6<sub>1</sub> и 17<sub>2</sub>), --- расчет

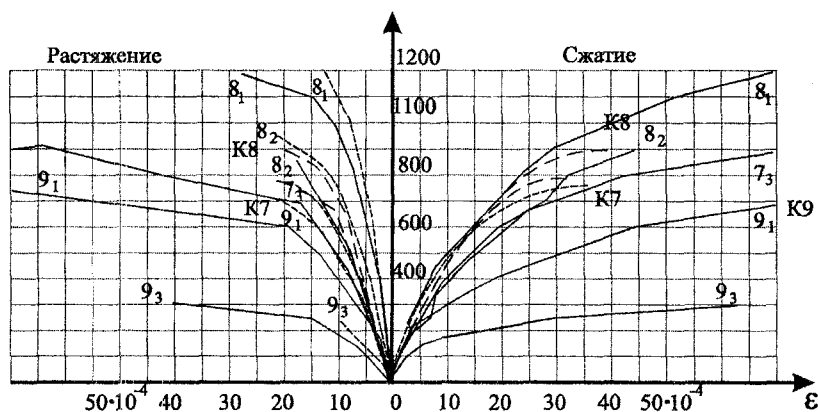
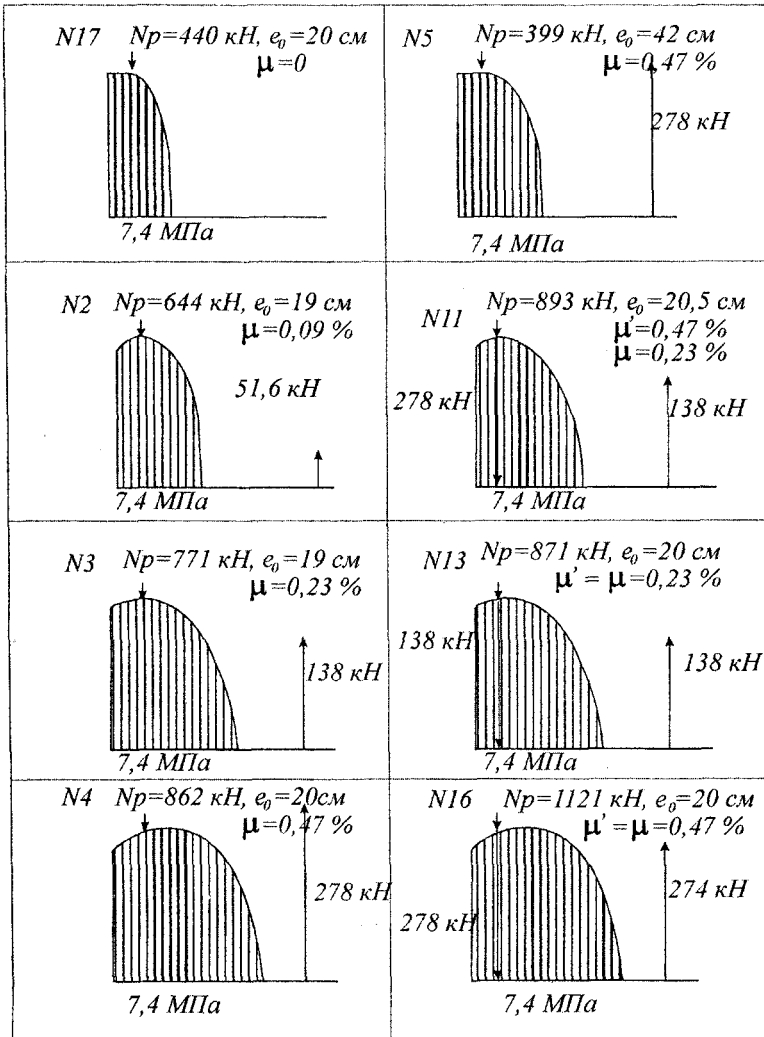


Рис.2 – Продольные деформации кладки (—) арматуры (---). (образцы 7<sub>3</sub>; 8<sub>1,2</sub> и 9<sub>1,3</sub>), --- расчет.

Усиление сжатой зоны арматурой увеличивает прочность сечений с двойным армированием по сравнению с прочностью сечений с односторонним армированием для интервала  $\mu = \mu' = 0,09; 0,23; 0,47$ ; и  $0,7\%$  в  $1,09; 1,13; 1,3$  и  $1,47$  раза соответственно.

Формы эпюр напряжений в кладке практически не зависят от наличия сжатой арматуры. В момент разрушения напряжения в сжатой арматуре достигают предела текучести.

Таблица 2 – Эпюры напряжений в кладке и усилий в арматуре образцов II, IV и V типов в предельном состоянии



1. Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ, предсказание, предотвращение. – М.: Мир, 1984. – 624с.

2. Иванов Ф.М., Розенталь Н.К. Оценка воздействий внешней среды на бетон в нормативных документах // Бетон и железобетон. – 1990. – № 11. – С.42-44.

3. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Каменные и армокаменные конструкции / Под ред. Семенцова С.А. и Камейко В.А. – М.: Стройиздат, 1968. – 175 с.

4. Столяров Я.В. Введение в теорию железобетона. – М.-Л.: Госстройиздат, 1941. – 446 с.

5. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1966. – 416 с.

6. Jaremenko A.F., Dorofeev V.S., Soroka N.N. Calculations of reinforced concrete construction with real diagram of materials deformation. – London, FIP Simposium, Vol. 2, 1996 – s.705-713.

7. Яременко Е.А. Диаграммы деформирования бетона и каменной кладки // Бетон и железобетон в Украине. – 2001. – №1. – С.10-13.

8. Камейко В.А. Исследование прочности и деформаций армокаменных конструкций // Исследования по каменным конструкциям: Сб. – М.: Госстройиздат, 1950. – С.123 – 152.

*Получено 17.05.2002*

УДК 69.05

**А.Г.СИНЯКИН**, канд. техн. наук

*Харьковский государственный технический университет  
строительства и архитектуры*

**А.Н.ЯРКО**

*АО "Альпсервис", г.Харьков*

## **ОПЫТ РЕМОНТА ФИРМОЙ "АЛЬПСЕРВИС" ОБЪЕКТОВ И СООРУЖЕНИЙ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Рассматриваются вопросы ремонта искусственных сооружений и объектов городского хозяйства с помощью современных материалов и технологий.

Экономический кризис, изменение режима работы различных объектов жизнеобеспечения негативно отразились на их состоянии. Причин нынешнего, зачастую неудовлетворительного, состояния несколько: отсутствие средств на своевременные обследования, обслуживание и ремонт, ошибки при проектировании и строительстве различных объектов и т.д. В условиях роста производства постепенно увеличивается нагрузка на объекты энергетик, водоснабжения, канализации, мосты и путепроводы, что недопустимо без восстановления пригодности к нормальной эксплуатации и реконструкции этих сооружений.

Капитальный и текущий ремонт искусственных сооружений дело довольно дорогое, требующее специальных технических решений в каждом конкретном случае, львиную долю затрат на их проведение составляют подготовительные работы, связанные с обеспечением возможности доступа непосредственно к месту ремонта, часто без применения техники промышленного альпинизма не обойтись. Одним из ли-